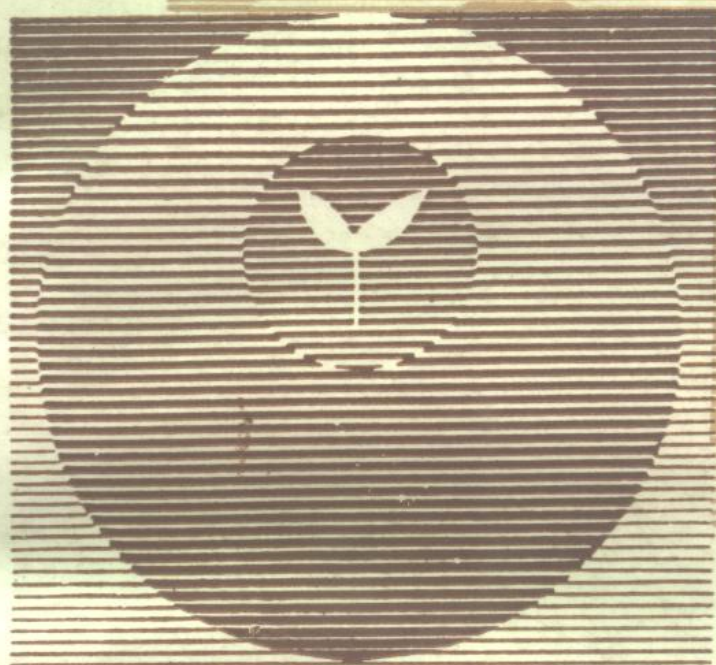




中国农业系统工程丛书

农作物栽培技术 系统优化设计

山东科学技术出版社

中国农业系统工程丛书

农作物栽培技术系统 优化设计

山东科学技术出版社

一九八八年·济南

期限表

请于下列日期前将书还回

92457 2H 88-333

北京卡片商店 1001

山东科学技术出版社出版

(济南市玉函路)

山东省新华书店发行

山东新华印刷厂德州厂印刷

末

850×1168毫米32开本 9.75印张 210千字

1988年3月第1版 1988年3月第1次印刷

印数：1—4,800

ISBN 7—5331—0261—4/S·44

定价 3.35 元

316780

《中国农业系统工程丛书》编审委员会

主任 石 山

副主任 杨挺秀 张象枢 周曼殊

委员 (按姓氏笔画为序)

马增荣 邓聚龙 邓 琦 亢桂明 石 山

刘德铭 刘志明 刘筑慧 刘玉斌 朱志明

吕富保 庄郁华 许尚武 陈锡康 陈克明

陈国良 陈绵云 吴 健 迟范民 杨挺秀

杨广林 张象枢 张沁文 周 平 周曼殊

罗庆成 竺开华 赵庆祯 晏国生 章志敏

曹和光 韩 宁 谭跃进 魏俊生

《农作物栽培技术系统化设计》

主 编 吴 健 庄郁华 吕富保

撰 稿 吴 健 吕富保 庄郁华 周 平

孙青彬 晏国生 任增长 郭宝安

陈国良 王克荣 余午蛟 李传毅

责任编辑 张 波

前 言

农业是人类赖以生存最重要的产业，也是劳动密集、技术密集和科学密集的产业。中国是世界上最古老的农业大国之一，中华人民共和国成立后，逐步解决了十亿人口的吃饭和穿衣问题，这是世界性的创举。现代科学技术的发展，日新月异，当今世界已进入信息社会，新技术革命已在全球范围内展开，总结农业现代化国家的经验，探索我国农业现代化的道路，是历史的必然，经济建设的需要。要走自己的农业现代化的道路，必须解决好农业决策科学化，农业在国民经济、社会、生态、科学技术综合发展中的作用及相互关系，农业的结构与布局，农业生态平衡，农业人口的发展与控制，以及能源、交通、商品生产、农村城镇建设的系统性问题。国内外经验证明，农业系统工程是解决这些问题的重要科学方法与手段。

我国开展农业系统工程的应用，始于1980年，起步虽晚，但路子对头，发展很快。一开始，就在中国系统工程学会名誉理事长钱学森教授所倡导的“强调实践，讲求实效，不坐而论道”的思想指导下，面向农村经济发展，经过农业系统工程专家、技术人员和农业管理干部的辛勤劳动，短短六年，就在全中国24个省（市、自治区）、250个地、县开展了农业系统工程的应用实践，并出现了黑龙江省海伦县、吉林省靖宇县、宁夏回族自治区固原县、山东省长清县和湖南省娄底地区、浏阳县等，一批具有中国特色、对农业系统工程理论和实践有重要意义的

典型。自农业系统工程的应用试点开始，就十分重视人才开发和培养，强调为国民经济建设服务、为农业现代化服务。所以，农业系统工程发展快，效益高，受到各级党、政领导干部和广大农民欢迎，普及范围日益广泛。目前，用农业系统工程的理论、方法，进行预测、决策和管理，制订农村经济、社会、生态、科技综合发展规划，已成为不可缺少的科学手段。

为了总结农业系统工程的应用经验，满足全国各地迫切需要，中国系统工程学会农业系统工程委员会组织全国著名专家和有丰富的实践经验的科技人员百余人，编写了《中国农业系统工程丛书》。这套丛书强调了农业系统思想、理论、方法、工具和程序的统一，以设计和效益为主线，包括十一个分册，即：

《农业系统工程概论》、《农业系统工程总体设计》、《农业系统工程子系统设计》、《农作物栽培技术系统优化设计》、

《农业系统动力学》、《农业系统线性规划》、《农业投入产出技术与模型》、《农业系统灰色理论与方法》、《农业系统的预测与决策》、《微机与农业系统工程应用软件》和《农业系统工程应用与效益》。

中国系统工程学会理事长、中国科学院学部委员许国志先生，给予热情指导，并在百忙中，克服视力障碍，为《丛书》写序。我们努力做到“寓巴人于白雪之中，出阳春于下里之内”和“笔执众人，书成一体”的要求。

农业系统工程在我国仍处开拓阶段，《丛书》的出版，是我国农业系统工程发展的一个里程碑，愿将它奉献给读者，意在抛砖引玉，共同实践，继续探索，不断修改，日臻完善，为加快我国农村经济、社会、生态、科技协调发展作出贡献。

在编写过程中，承蒙中共山东省委、山东省人民政府、山

东省科学技术委员会以及全国各有关领导和同行的大力支持，
在此表示衷心感谢。

《中国农业系统工程丛书》编委会

一九八七年三月

序

自从党中央提出在本世纪末，我国国民经济翻两番的号召后，许多地区都在制订规划，特别在县一级。农业规划占着很重要的份量，是经济规划的中心课题之一。科学技术应该面向经济建设，而经济建设又应该依靠科学技术。制订规划是进行经济建设的重要步骤，也必须从现代科学技术中寻求新的概念、新的方法。我国农业系统工程，一开始就紧密联系实际，服务于中心课题。所以，在近年来得到了迅速发展，显示了它的生命力。

从事农业系统工程工作，需要三方面的人才，即农业专家、系统工程专家和懂得系统工程的农业专家或懂得农业的系统工程专家。后一方面的人才，是不可或缺，急需培养的，举办短训班，出版适合自修之用的课本，过去几年证明，是行之有效的办法。但还很不够，特别是书籍出版方面。《中国农业系统工程丛书》正是在这种情况下问世的。

发挥集体智慧，由较多人共同执笔，可缩短时间，取材或可较丰富。但在编辑、校审方面，若不加强，则可能有零金碎玉，难成一体之嫌。

这套书自需兼普及与提高。这是一项很难的工作，权衡取舍，颇费思考。若能寓巴人于白雪之中，出阳春于下里之内，则可称上乘。

丛书的编辑和撰稿同志，在过去几年中，曾共同研究项

目，相处有年，观点与共，故能笔执众人，书成一体；他们或素习科研，或娴于教学，但都参与实际工作，对农业系统工程的理论和实践，亲有体会。

希望丛书的出版，对我国农业系统工程的进一步开展，作出贡献。

中国系统工程学会理事长 许国志
中国科学院学部委员

一九八七年二月

目 录

绪 论	1
第一章 作物栽培技术系统分析	9
第一节 结构分析	9
第二节 环境辨识	12
第三节 系统诊断	15
第二章 系统测辨	22
第一节 系统测辨	22
第二节 数据资料的整理	44
第三章 作物栽培技术系统设计	62
第一节 系统设计的特点	62
第二节 系统设计	63
第四章 综合农艺措施的获取	86
第一节 回归数学模型	86
第二节 回归方程的显著性检验	90
第三节 效应分析	93
第四节 模拟优化	96
第五节 技术规范的制订与实施	103
第五章 水稻	107
第一节 水稻栽培技术系统	107
第二节 专家经验库	110
第三节 综合农艺数学模型	118
第四节 施肥配方数学模型	131

第六章	小麦	139
第一节	概述	139
第二节	田间试验设计	141
第三节	试验结果及统计分析	149
第四节	计算机田间试验仿真	157
第五节	效应分析	165
第六节	丰抗号小麦规范化栽培措施	173
第七章	大豆	178
第一节	系统边界与系统环境	178
第二节	环境系统辨识及有关指标测定	180
第三节	大豆栽培技术系统设计	188
第八章	棉花	194
第一节	棉花的生长发育特性及与环境的关系	194
第二节	系统诊断与设计	199
第三节	肥料配比模型的设计与分析	226
第四节	规范制订及示范推广	235
第九章	其他	242
第一节	谷子	242
第二节	西瓜	253
第三节	赤豆	268
第四节	甜菜	282
参考文献		300

绪 论

从系统论的观点看,作物栽培学的本质就是人们在充分认识客观环境和作物内在生长发育规律的基础上,采用合理的技术手段,对作物和环境进行调节,使作物充分利用太阳光能,生产更多的人们所需要的食物和各种物质。因此,作物栽培学是一门涉及面很广、综合性很强的学科。

一、系统方式

作物栽培学的本质和特点,决定了在研究栽培学问题时,必须采用与之相适应的科学研究方法。但是,长期以来在自然科学研究方法中占主导地位的是“还原论”和“经验论”,即形而上学的方法。这种方法的特点是割断事物间的普遍联系,把问题孤立起来,将某个学科愈分愈细,纵向深化,形成众多的分支学科。然而,单有纵向的深化是不够的,作物栽培学和其他分支学科不同,它的使命在于综合,同时,作物栽培学又是一门实用性很强的应用科学。栽培学研究工作者的信条应该是“拿来主义”,不论是植物生理生化学家、土壤肥料专家、育种学家,还是植保学家、农业气象学家的成果,凡对我有用的都应“兼容并蓄”,为我所用。

如果把栽培学的任务比作“过河”,那么过河的“桥”或“船”在那里呢?系统科学的发展为作物栽培工作者摆脱困境指明了方向,研究上的系统方式为栽培学的发展提供了新的思路。

系统方式就是把研究对象当做一个系统，把这个系统及其环境看作一个更大系统来进行考察的一种思维和研究方式。它在研究方式上的独特表现形式是：遵循一般系统论原则和采用系统方法，是科学方法论的一个重要发展。

系统方法包括系统分析和系统综合两个方面。现代系统方式是在分析的基础上综合，在综合的指导下分析，即将零星的、单项的研究成果，局部和片面的现象，外部联系的观察和记载资料加以系统化、规律化、数量化的分析整理，去伪存真，去粗取精，按模型与原型“同构”的思想，建立起综合描述系统的仿真模型。利用模型这一辅助工具，采用电子计算机技术对仿真系统进行分析，作各种方案的综合比较，为科学决策提供依据，然后在实践中加以检验，最后通过反馈信息，对模型进行修正。

二、农事学

农事学是研究农业生产中矛盾运动变化规律、农业生产指导策略的一门新兴学科。包括两个研究范畴：一个是研究作物、土壤肥料、农机、农药、农业设施和农业技术手段，即研究“物”的；一个是研究农业生产的指导规律，即研究“事”的。前者是“硬科学”，后者为“软科学”。事与物总是联系在一起的，是不可分割的，研究事物就是研究系统。从这个概念上说，农事学就是农业系统科学。

当前正处于由传统农业向现代农业转化的过渡阶段。这个阶段的目标是农业最优化。这个阶段的内容是农业系统化，包括了生产技术上实现以微电子技术为核心的综合自动化，在经营管理上以微机为核心的管理自动化；在生态上实现生态工程化。这三者的发展综合起来就能建立一个高效、低耗、无公害

的农业技术、经济、生态综合系统。在这种大趋势下，农事学这门“软硬兼备”的新兴学科将发挥重要作用。作为栽培科学工作者，应该摆脱传统观念的束缚，涉足“农事学”的广阔领域。

农事学的第一个方面是分析矛盾，根据矛盾的轻重缓急决定技术手段和措施的投入量。技术决策不是一个单纯的技术问题，而是一个技术经济或技术——经济——生态问题。一个地区的农业发展，必须以当地现状为出发点，因地制宜，分析矛盾，找出妨碍农业生产发展的障碍因子。这种障碍因子可能有多个，所以，要同时采取多项技术手段，而这些技术手段是相互影响、相互作用的。这种交织关系，有时互相促进，有时互相抵销。各项技术投入对排除障碍，发展生产的功能有大有小，这就存在一个农艺措施的配套优化组合问题。技术因子之间的关系许多是属于非线性的，单因子的效益在一个完整的体系中往往是不可叠加的。英国农业研究评议会首席官员D.W.库克在其著作中写道：“在高度发达的农业中，继续大幅度增加产量的潜力，将主要来自某些因素相互作用的影响”。农业上在分析矛盾时，必须加强系统的定量研究，这正如同中医治病一样，一付没有剂量的药方，治不好任何疾病。农事学的发展要求通过“配伍模型”的研究，从统筹分析反证中得出定量反映，这就为栽培学由经验科学上升为理论科学指明了一条坦途。

农事学的第二个方面是过程分析。作物生产是一个循序渐进的过程，具有强烈的时序性（季节性），一般可将作物生产全过程分成若干个生育阶段，每个阶段有每个阶段的主要矛盾和矛盾的主要方面。时间是一个单向不可逆变量，生育阶段也是不可逆的，矛盾的演变和发展也有一个过程。作为调控手段

而投入的农艺措施，有些也是在一次措施完成之后才能去完成另一次（流程特性）。外界的环境系统则更是一个随机变化的过程系统。作物的生育过程与农艺措施的投入和环境的演化过程交织在一起，使得农业生产的发展过程变得十分复杂。所以在分析这些过程时，必须抓住作物的生长发育过程这个主要矛盾，根据当地自然经济特点以及当前生产状况，对系统进行综合分析和判断决策。

三、协同性与规范性

协同性是指一个开放系统内部各个系统之间协调同步的非线性作用的特性，它是系统有序性的原因。由于在一定条件下线性是非线性关系的一个很好的近似，处理起来比较简单，人们对线性问题研究得比较充分，而对非线性关系研究得很不够。

事实上，自然界存在的各种系统，无一不是非线性开放系统，绝对的与外界无任何物质、能量、信息交换的封闭系统是不存在的。

作物栽培技术系统是一个典型的非线性开放系统。栽培方案技术经济水平的高低，并不完全取决于单项技术成果的先进性，而在于技术单元间组装配套时协同性利用的好坏。在作物栽培研究中引入协同性原理和方法，无疑将对栽培学的深化产生巨大影响。

规范性是指利用已知复杂系统所揭示的规律性去认识和揭示未知的各种复杂系统的规律性。即只要模拟一个已知复杂系统的基本理论、规律、方法，就可以较快地求解出复杂的未知系统。把系统的这种属性称为规范性。简单地说，把科学、技术、实验、工程的成果范例以及从中总结出来的理论、定律、

概念、方法的普适性称为规范性。根据对规范性的理解，在进行农技推广工作时，就可以根据成功的示范经验（原型），采用“反设计”原理建立仿真模型，用计算机进行预测、控制，为推广工作提供依据。作物的规范化栽培（或称模式化栽培）理论及哲学依据即在于此。规范性也是事物的基本属性之一。

作物的规范化栽培技术是建立在各种单项研究成果基础上的，它对已有各学科的科技成果并不提供新的直接东西，各学科的发展是进行综合的基础。从“综合即创造”、“综合出效益”的观点出发，规范化栽培技术主要是在如何根据生产力经济学原则，因地制宜地优化组合生产力诸要素，把先进科技成果转化为现实生产力方面发挥其独特功能。

四、针对性与普适性

农业生产技术对策具有强烈的针对性，技术方案的决策必须根据时间、地点、条件的变化而拟定，放之四海而皆“优”的优化方案是不存在的。但是，农业生产并不是无规律可循，客观规律的普遍指导意义是毋庸置疑的。农业技术推广方案一般是属于上层的技术决策范畴，层次不同，对决策方案针对性与普适性的要求也不同。层次愈高的技术部门，所制订的技术规范覆盖面愈大，而其环境条件的离异也愈大，这就要求技术规范普适性广（技术指标的活动域大），而其针对性必然较差。层次愈低的技术规范，由于指导范围窄，环境的约束愈来愈具体，要求技术规范的针对性愈来愈强，而其普适性也就愈来愈弱。具体到一个地方、一个农户、一块农田，土质、气候、社会经济条件这些环境的约束就几乎成了确定性的。只要明确了目标集的约束，就有可能寻找出既能满足环境约束又能满足目标约束的优化解集。

作物栽培技术系统总体模型设计的思路，应该以环境条件（包括自然条件和社会经济条件）和目标集（包括社会效益、经济效益、生态效益）作为已知的约束条件输入，通过系统模型求得优化解（或满意解），输入条件不同，解也不同。约束条件愈严，解域愈窄；约束条件愈松，解域愈宽，以此来统一针对性与普适性的矛盾。同时，就整套栽培技术优化方案而言，必须满足协同性的要求，注意各项技术措施的时序衔接过程，做到整个方案技术单元之间协调同步，相互促进。模型作为一种系统的定量表达方式，还应能对任意一套完整的技术组合方案的效益（社会、经济、生态）作出定量评估。往往满足环境约束和目标约束要求的解是一个“集合”，而不是唯一解，这就要求赋予总体模型以优化的功能，能在解集内进行多方案的综合比较，把最符合生产者意愿利益的“优化”方案筛选出来，供决策者参考选用。

五、定性与定量

栽培科学长期以来被人们称之为“经验科学”，主要是缺乏精确的量的分析，靠实践经验的积累和直观判断来决策，显然是不够的。农事活动的科学决策，要求加强农业的定量研究，变“经验科学”为“精密科学”，即借助计算机，把所研究的问题，转化为明晰的数学问题。但不能忽视定性分析，要坚持定性分析与定量分析相结合的原则，强调在定性准确的基础上的定量，定性不准，定量就会成为“数学游戏”。

当前，人们对定性与定量的关系处理认识不一致，导致了研究思路上的“问题导向”与“方法导向”的离异。“问题导向”强调遇到问题思路上不带框框，依靠自己专业上的广博知识和丰富经验，运用系统方式思考分析问题，弄清问题的来龙去脉